

Burkhard Schroeter, Botanisches Institut

Langzeitmessungen von Mikroklima und metabolischer Aktivität von Flechten in der maritimen Antarktis

In der maritimen Antarktis stellen Flechten einen wesentlichen Bestandteil der Vegetation dar. Geringe Destruktionsraten und eine fehlende Beweidung, wie sie z.B. in der Arktis durch Rentiere stattfindet, erlauben die Bildung einer stehenden Biomasse, die z.B. in *Usnea-Himantormia*-Rasen trotz der vergleichsweise ungünstigen antarktischen Klimabedingungen bis zu fast 2 kg Trockengewicht pro m² erreichen kann (KAPPEN 1993). Es gibt zahlreiche Hinweise darauf, daß Flechten in der Antarktis ein hohes Alter erreichen können, so ergaben Altersabschätzungen für *Usnea aurantiaco-atra* auf Signy Island ein Alter von ca. 200 Jahren, mit Hilfe von Hochrechnungen wurde das Alter einzelner Thalli für *Usnea antarctica* und *U. aurantiaco-atra* auf bis zu 600 Jahre abgeschätzt (HOOKER 1980). Direkte Bestimmungen der Biomassezunahmen von *Usnea antarctica* auf Signy Island über einen Zeitraum von 20 Jahren weisen demgegenüber auf eine wesentlich schnellere Wachstum hin (SMITH 1990). Ähnlich schnelle Kohlenstoffumsätze ergeben die Radiocarbonmessungen von WILLKOMM et al. (1990). Die Unterschiede in den Altersabschätzungen unterstreichen die Frage nach Rate und Geschwindigkeit des Kohlenstoffumsatzes in den terrestrischen Ökosystemen der Antarktis. Dieses und insbesondere die Frage der Wachstumskapazität von antarktischen Kryptogamen ist eine zentrale Fragestellung in der terrestrischen Arbeitsgruppe am Institut für Polarökologie und auch am Botanischen Institut (siehe z.B. KAPPEN et al. 1988, 1990, 1991; SCHROETER 1991).

Um die potentielle Primärproduktion von Flechten der maritimen Antarktis im Jahresgang zu charakterisieren, wurde bei der spanischen Antarktisstation Juan Carlos I. (62°39'48"S, 60°23'18"W) auf Livingston Island (Abb.1) ein Mikroklimameßplatz eingerichtet, der automatisch und kontinuierlich über einen mehrjährigen Zeitraum die für die Primärproduktion von Flechten relevanten Parameter, also Lichtbedingungen, Thallustemperaturen sowie die Zeiträume metabolischer Aktivität, die bei den poikilohydrinen Flechten durch die äußere Wasserverfügbarkeit begrenzt werden, registriert. Besonders problematisch gestaltete sich dabei die Erfassung der Perioden metabolischer Aktivität der untersuchten Flechten, da hierfür keine handelsüblichen Sensoren zur Verfügung stehen, wie es bei Sensoren zur Licht- und Temperaturmessung selbstverständlich ist. In intensiver Zusammenarbeit mit dem Institut für Angewandte Physik (Arbeitsgruppe Prof. Hansen) sowie der Fa. BBE-Moldaenke, Kiel, wurde ein Sensor zur Erfassung der Perioden metabolischer Aktivität mittels der Chlorophyllfluoreszenz der Chloroplasten der Flechtenphotobionten speziell für den Antarktiseinsatz neuentwickelt (SCHROETER et al. 1991).



Abb. 1: Die maritime Antarktis mit der spanischen Antarktisstation BAE Juan Carlos I.

Da die spanische Station eine reine Sommerstation ist, mußte daneben ein besonderes Augenmerk auf die ununterbrochene Energieversorgung der Meßgeräte vor allem während der Wintermonate gelegt werden. Hier galt es zum einen, den notwendigen Stromverbrauch des Systems bei kontinuierlicher Datenerfassung im 10 Minuten Abstand zu minimieren und gleichzeitig die Wintermonate, in denen der Meßplatz nicht zugänglich ist, zu überbrücken. Im zweijährigen Aufbau hat sich nun eine Kombination von extrem kältestabilen Lithiumbatterien und Solargeneratoren in Verbindung mit Bleiakkumulatoren bewährt.

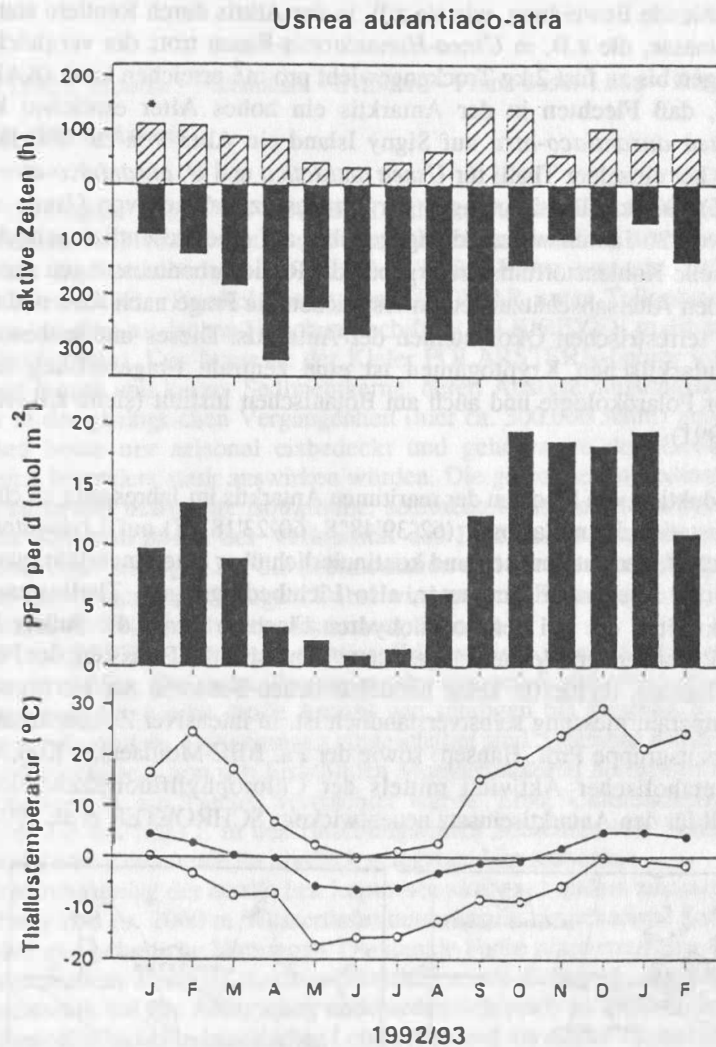


Abb. 2: Jahresgang der mikroklimatischen Parameter von *Usnea aurantiaco-atra* auf Livingston Island, Süd Shetland Inseln, Antarktis. Die monatlichen Maxima und Minima der Thallustemperaturen sind mit offenen Kreisen dargestellt, die mittleren monatlichen Thallustemperaturen mit einem ausgefüllten Kreis. Die Quantenstromdichten sind für jeden Monat aufsummiert und als mittlere Tagessumme berechnet. Die Perioden metabolischer Aktivität sind differenziert in Dunkelatmung (schwarze Balken) und Nettophotosynthese (schraffierte Balken), als Schwellenwert diente eine Quantenstromdichte von $25 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Da die Messungen im Januar 1992 erst am 22. Januar begannen, beziehen sich die für diesen Monat dargestellten Zeiträume metabolischer Aktivität nur auf die Meßperiode vom 22.1. bis 31.1.1992 (markiert mit *) und sind daher nur bedingt mit den anderen Monaten vergleichbar.

Nach umfangreichen Vorversuchen seit 1986 konnte der Mikroklimameßplatz in der Saison 1991/92 von F. Schulz, Institut für Polarökologie, installiert werden. Die ersten 14 Monate erfolgreicher Datenerhebung wurden von B. Schroeter zusammen mit M. Sommerkorn auf einer Expedition im Januar/Februar 1993 geborgen, inzwischen liegen weitere 11 Monate kontinuierlicher Datenerhebung bis Januar 1994 bereits zur Auswertung vor.

Ein exemplarischer Jahresgang der Lichtsummen pro Tag, der maximalen und minimalen Thallustemperaturen mit den monatlichen Mittelwerten sowie die Dauer metabolischer Aktivität pro Monat ist für *Usnea aurantiaco-atra* von Januar 1992 bis Februar 1993 in Abbildung 2 dargestellt.

Die monatlichen Lichtsummen (gemessen im Bereich photosynthetisch aktiver Strahlung von 400 - 700 nm, "PAR") zeigen ebenso wie die monatlichen Mittelwerte der Thallustemperaturen einen ausgeprägten saisonalen Verlauf. In den Wintermonaten von April bis August waren die durchschnittlichen täglichen Lichtsummen extrem niedrig, mit einer durchschnittlichen täglichen Lichtsumme von weniger als 2 mol m^{-2} war der Juni 1992 der dunkelste Monat. Bereits im September wurden wieder Lichtsummen in sommerlicher Größenordnung erreicht. Die Thallustemperaturen zeigen einen ähnlichen Verlauf. Der Juni 1992 wies die niedrigste Durchschnittstemperatur auf, ebenso das niedrigste monatliche Temperaturmaximum während des gesamten Jahreslaufs mit 0°C . Bei der Betrachtung der monatlichen Temperaturmaxima ist besonders hervorzuheben, daß, bis auf Juni 1992, in allen Monaten auch während des Winters positive Thallustemperaturen erreicht wurden. Das Minimum der Thallustemperaturen im Jahreslauf wurde mit -17.3°C bereits im Mai durchlaufen.

Bei der Darstellung der Perioden metabolischer Aktivität muß je nach den vorherrschenden Lichtbedingungen im Zeitpunkt der Messung zwischen Dunkelatmung und Nettophotosynthese unterschieden werden. Aus direkten Messungen des CO_2 Gaswechsels ergibt sich im aktuellen Temperaturbereich ein Schwellenwert (Kompensationspunkt) von $25 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PAR, der Lichtstärke also, die mindestens für das Erreichen einer positiven Nettophotosyntheserate erforderlich ist. In dieser Differenzierung der Perioden metabolischer Aktivität spiegeln sich die bereits dargestellten jahreszeitlichen Veränderungen der Lichtbedingungen wider. Besonders lange Zeiträume, in denen nur Dunkelatmung möglich ist, werden in den Monaten von April bis September nachgewiesen. Die längsten Perioden für Nettophotosynthese sind demgegenüber in den Monaten September und Oktober zu finden. In den eigentlichen Sommermonaten stehen nur vergleichsweise stark verkürzte Zeiträume für metabolische Aktivität zur Verfügung. Anhand dieser ersten Meßergebnisse läßt sich eine deutliche Dreiteilung der jahreszeitlichen Aktivität bzw. der sie limitierenden Faktoren ableiten: In den Wintermonaten sind die niedrigen Lichtbedingungen der hauptsächlich begrenzende Faktor der Primärproduktion, trotz vorherrschenden Minustemperaturen werden auch in diesen Monaten regelmäßig Thallustemperaturen über 0°C erreicht, Feuchtigkeit steht durch eine Schneebedeckung in ausreichendem Maße zur Verfügung, die mangelnden Einstrahlungsstärken lassen jedoch CO_2 Verluste in der monatlichen Bilanz erwarten. Demgegenüber stehen in den eigentlichen Sommermonaten ausreichende Licht- und Temperaturbedingungen zur Verfügung, den entscheidenden begrenzenden Faktor stellt hier die mangelnde Wasserverfügbarkeit dar. Von besonderer Bedeutung für eine positive Kohlenstoffbilanz im Jahresgang erweisen sich die Übergangsjahreszeiten, in diesen Monaten (vor allem im September und Oktober) steht genügend Feuchtigkeit durch Schnee oder Regen zur Verfügung, gleichzeitig lassen ausreichende Lichtbedingungen eine positive Kohlenstoffbilanz erwarten.

Eine detaillierte Analyse der Mikroklimadaten wird zur Zeit am Botanischen Institut durchgeführt, erste Ergebnisse sind bereits zum Druck eingereicht (SCHROETER et al. 1994). Daneben wird eine Modellierung der Primärproduktion von *Usnea aurantiaco-atra* (sowie von weiteren charakteristischen Blatt- und Krustenflechten, für die ebenfalls umfangreiche mikroklimatische Datensätze vorliegen) anhand von Freilandmessungen der Nettophotosynthese und Dunkelatmung mit den erhobenen Mikroklimadaten einen tieferen Einblick in Kohlenstoffumsatz, Primärproduktion und Wachstum von Flechten der maritimen Antarktis erlauben. Die bisher vorliegenden Ergebnisse unterstreichen die herausragende Bedeutung der Übergangsmonate für die jährliche Kohlenstoffbilanz. Als Folge dieser Ergebnisse erscheint eine Verlagerung der Expeditionsaktivitäten von den Sommermonaten zur Herbst- bzw. Frühjahrssituation unumgänglich, will man die entscheidenden Prozesse der Primärproduktion direkt erfassen. In Hinblick auf weiterführende detaillierte Untersuchungen zur Primärproduktion von Kryptogamen in der maritimen Antarktis wird der ganzjährigen Nutzung der Dallmeyer-Station bei Jubany auf King George Island besondere Bedeutung zukommen.

Literatur

- HOOKE, T.N. 1980: Growth and production of *Usnea antarctica* and *U. fasciata* on Signy Island, South Orkney Islands. Bulletin British Antarctic Survey 50: 35-49
- KAPPEN, L. (1993) Lichens in the Antarctic region. In: Friedmann, E.I.(ed.) Antarctic Microbiology. Wiley-Liss: 433-490
- KAPPEN, L.; MEYER, M.; BÖLTER, M. (1988) Photosynthetic production of the lichen *Ramalina terebrata* Hook. f. et Tayl., in the maritime Antarctic. Polarforschung 58: 181-188
- KAPPEN, L.; SCHROETER, B.; SANCHÓ, L.G. (1990) Carbon dioxide exchange of Antarctic crustose lichens in situ measured with a CO₂/H₂O porometer. Oecologia 82: 311-316
- KAPPEN, L.; BREUER, M.; BÖLTER, M. (1991) Ecological and physiological investigations in continental Antarctic cryptogams. 3. Photosynthetic production of *Usnea sphacelata*: Diurnal courses, models, and the effect of photoinhibition. Polar Biology 11: 393-401
- SCHROETER, B. (1991) Untersuchungen zu Primärproduktion und Wasserhaushalt von Flechten der maritimen Antarktis unter besonderer Berücksichtigung von *Usnea antarctica* DuRoi. Dissertation Universität Kiel
- SCHROETER, B.; KAPPEN, L.; MOLDAENKE, C. (1991) Continuous in situ recording of the photosynthetic activity of Antarctic lichens - established methods and a new approach. Lichenologist 23: 253-265
- SCHROETER, B.; KAPPEN, L.; SCHULZ, F. (1994) Long-term measurements of microclimatic conditions in the fruticose lichen *Usnea aurantiaco-atra* in the maritime Antarctic. Actas del V. Simposio de Estudios Antárticos, Barcelona: (im Druck)
- SMITH, R.I.L. (1990) Signy Island as a paradigm of biological and environmental change in Antarctic terrestrial ecosystems. In: Antarctic ecosystems. Ecological change and conservation. (Kerry, K.R. & Hempel, G., eds.) Springer-Verlag Berlin Heidelberg: 32-50
- WILLKOMM, H.; BÖLTER, M.; KAPPEN, L. 1991 (1992) Age estimation of Antarctic macrolichens by radiocarbon measurements. Polarforschung 61: 103-112